·诊治分析·

功能性视锐度与眼表微循环参数在 ARC 患者术后早期视觉质量恢复监测中的应用

虞瑜辉

【关键词】 年龄相关性白内障；术后视觉质量；早期恢复
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.11.015
【中图分类号】 R776.1 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2025)11-1159-04

年龄相关性白内障（age-related cataract，ARC）是由晶状体随年龄增长发生变性混浊导致的视觉障碍性疾病，占全球致盲原因的首位（51.0%）[1]。其病理机制涉及氧化应激损伤、蛋白质构象改变及晶状体上皮细胞凋亡等，表现为进行性视力下降、对比敏感度降低及眩光敏感。ARC 术后视觉质量监测是目前临床中的核心挑战[2]，传统评估主要依赖静态视力及患者主观问卷，然而，静态最佳矫正视力（best corrected visual acuity，BCVA）无法捕捉持续用眼场景下的视力波动。近年兴起的功能性视锐度（functional visual acuity，FVA）动态测试通过模拟阅读、驾驶等现实场景，揭示 ARC 患者即使 BCVA 良好，仍存在显著视觉耐力下降和波动性增加[3]。另一方面，超声乳化手术引发的眼表微循环紊乱已被证实与泪膜稳定性下降及光学像差相关，可能是术后早期视觉不适的重要机制[4]。本研究旨在系统观察 ARC 患者术后 FVA 与眼表微循环参数的动态变化规律及相关性，分析 FVA 与微循环指标联合模型对术后 1 个月视觉质量恢复的预测效能，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2024 年 1 月至 2025 年 7 月宁波市海曙区人民医院眼科 86 例 ARC 患者的临床资料。纳入标准：（1）确诊为 ARC [5]，满足核性混浊度≥3 级，皮质性混浊度≥C3 级（C3 ～ C5）或后囊下混浊（P）面积≥P2；（2）首次接受白内障超声乳化吸除术联合人工晶状体（IOL）植入术，且对侧眼 BCVA≥0.3 LogMAR；（3）年 龄≥50 岁；（4）BCVA≤0.5 LogMAR。排除标准：（1）合并青光眼、黄斑疾病、干眼症、角膜病变等其他眼部疾病；（2）既往有眼部手术或外伤史；（3）合并影响视功能的全身性疾病，如糖尿病视网膜病变、自身免疫性疾病、神经系统疾病等；（4）发生显著改变术后恢复进程和微环境术中并发症患者，如后囊膜破裂、悬韧带离断＞120°、玻璃体脱出、IOL 非计划植入位置等。本研究获得宁波市海曙区人民医院医学伦理委员会批准（伦审 2025 文第 05 号），所有研究者均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前评估 内容包括：（1）一般资料收集；（2）眼科常规检查。包括 BCVA、眼压、眼前节检查、LOCS III 晶状体混浊分级及 IOL 度数等；（3）FVA 评估。采用全功能视觉质量分析系统，测量连续视觉任务下的初始视力、最终视力、最低视力、FVA 曲线下面积（FVA-*AUC*）及视力波动指数等动态参数；（4）眼表微循环成像评估。采用激光共聚焦显微镜于颞下方角膜缘区域扫描，分析角膜缘血管密度（LVD）、血流速度（BFV）及炎性细胞密度（ICD）；（5）传统视觉质量与眼表状态指标。包括角膜内皮细胞密度及形态、泪膜破裂时间（TBUT）、国际标准眼表疾病指数（OSDI）及 25 项美国国家眼科研究所视觉功能问卷（NEI-VFQ-25）评分。

1.2.2 手术方法 所有患者均由同一位具有 10 年以上超声乳化手术经验的资深术者按标准化手术流程进行 IOL 植入术，记录累积耗散能量（CDE）、实际超声乳化总时长、灌注液用量、并发症等术中关键参数，标准化手术流程参考《超声乳化白内障手术学》[6]。

作者单位： 315000 宁波，宁波市海曙区人民医院
通信作者： 虞瑜辉，Email：yyh269471504@163.com

Modern Practical Medicine, November 2025, Vol.37, No.11

1.2.3 术后随访与评估 术后 1 、7 及 30 d 随访时使用术前相同的设备与设备参数，由未参与手术的医师完成测量。术后 1 个月 BCVA 恢复至 0.2 LogMAR 为恢复良好。

1.3 统计方法 采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均值±标准差表示，非正态分布数据以中位数（四分位数）表示，采用 t 检验和非参数检验；计数资料采用 χ^2 检验。绘制受试者工作特征（ROC）曲线，评估各指标的预测效能。相关性分析采用 Pearson 检验。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 本研究 86 例均完成全部随访。其中男 45 例（52.3%），女 41 例（47.7%）；年龄（71.2±8.5）岁。白内障分型以核型为主（55 例，64.0%），其次为皮质型（23 例，26.7%）和后囊下型（8 例，9.3%）。术前视功能检查显示，BCVA 平均（0.42±0.12） logMAR，FVA-*AUC*（25.3±4.8） logMAR·s。眼表微循环参数方面，LVD（28.7±6.2）%，ICD（32.5±9.4） cells/mm^2。传统眼表指标中，角膜内皮细胞密度（2 456±312） cells/mm^2，TBUT 9.0 s（7.0 s，11.0 s），OSDI 评分 14.0 分（8.0 分，21.0 分）。手术时间（12.3±2.8） min，CDE（8.5±3.1） J，有效超声时间（EPT）（45.2±12.6）s，灌注液用量（92.5±18.7）ml。术中并发虹膜损伤 2 例（2.3%），术后 1 d 发生 1 级角膜水肿 15 例（17.4%），术后 1 个月角膜内皮细胞损失率（7.2±2.5）%，术后 1 周前房炎症（≥2+细胞）8 例（9.3%）。

2.2 FVA 评估结果 与术前相比，术后 1 周、1 个月 FVA-*AUC*、视力波动指数、初始视力、最低视力及最终视力均显著降低（均 $P < 0.05$）；ICD 术后 1 周较术前显著升高，术后 1 个月较术后 1 周显著降低（$P < 0.05$）；LVD 术后 1 周较术前显著升高，术后 1 个月较术后 1 周显著降低（均 $P < 0.05$）；BFV 术后 1 周较术前显著降低（$P < 0.05$），见表 1。

2.3 传统视觉质量指标 与术前相比，术后 1 周、1 个月 BCVA 均显著降低（均 $P < 0.05$）；术后 1 个月内皮细胞密度显著降低（$P < 0.05$），而六边形细胞比例无显著变化（$P > 0.05$）。TBUT 术后 1 周较术前显著降低，术后 1 个月较术后 1 周显著升高（均 $P < 0.05$）；角膜荧光素染色、OSDI 评分术后 1 周较术前显著升高，术后 1 个月较术后 1 周显著降低（均 $P < 0.05$）。与术前相比，术后 1 周、1 个月 NEI-VFQ25 总分显著升高（均 $P < 0.05$），见表 2。

2.4 相关性分析 术后 1 周 ICD 与术后 1 个月的 FVA-*AUC* 呈显著正相关（$P < 0.05$）；术后 1 个月 LVD 与同期 OSDI 评分呈正相关（$P < 0.05$）；术后 1 周 BFV 与术后 1 个月的 FVA 波动指数呈显著负相关（$P < 0.05$）；术中累积 CDE 与术后 1 周的 ICD 呈显著正相关（$P < 0.05$）；术后 1 个月的 FVA-*AUC* 与同期 NEI-VFQ25 总分呈显著负相关（$P < 0.05$），见表 3。

2.5 联合评估的应用价值 以术后 1 个月 BCVA≤0.2 logMAR 为标准，多指标联合模型的曲线下面积（*AUC*）、敏感度、特异度、阳性预测值（PPV）及阴性预测值（NPV）均高于单一指标，见表 4。

3 讨论

本研究证实 FVA 动态参数与眼表微循环指标在术后早期存在显著相关性。术后 1 周 FVA-AUC 持续降低，提示视觉耐力逐步恢复，而眼表微循环参数中 ICD 在术后 1 周达到峰值，BFV 则显著下降。

表 1 FVA 动态指标变化及眼表微循环参数变化

指标	术前	术后 1 周	术后 1 个月	F 值	P 值
FVA-*AUC*（logMAR·s）	25.3±4.8	18.7±3.9	12.5±2.6	105.32	＜0.05
视力波动指数（logMAR）	0.31±0.07	0.22±0.05	0.16±0.04	89.47	＜0.05
初始视力（logMAR）	0.20±0.05	0.10±0.03	0.08±0.02	156.80	＜0.05
最低视力（logMAR）	0.45±0.10	0.28±0.06	0.18±0.05	182.55	＜0.05
最终视力（logMAR）	0.22±0.06	0.12±0.03	0.09±0.02	132.14	＜0.05
炎性细胞密度（cells/mm^2）	32.5±9.4	58.2±12.4	35.6±8.7	95.61	＜0.05
角膜缘血管密度（%）	28.7±6.2	36.8±7.5	30.2±6.0	25.84	＜0.05
血流速度（μm/s）	337.0±58.0	285.0±45.0	318.0±52.0	16.73	＜0.05

注：FVA-*AUC* 为功能性视觉锐度曲线下面积

表 2　传统视觉质量指标变化（n=86）

指标	术前	术后 1 周	术后 1 个月	$F(t)[z]$值	P 值
最佳矫正视力（logMAR）	0.42±0.12	0.10±0.03	0.08±0.02	325.18	＜0.05
内皮细胞密度（cells/mm²）	2 456.0±312.0	N/A	2 279.0±290.0	（5.92）	＜0.05
六边形细胞比例（%）	68.7±7.5	N/A	68.5±7.2	（0.25）	＞0.05
泪膜破裂时间（s）	9.0（7.0，11.0）	7.0（5.0，9.0）	10.0（8.0，12.0）	[45.30]	＜0.05
角膜荧光素染色（分）	1.0（0.0，2.0）	3.0（2.0，4.0）	0.0（0.0，1.0）	[78.15]	＜0.05
OSDI 评分（分）	14.0（8.0，21.0）	18.0（12.0，25.0）	10.5（6.0，16.0）	[38.42]	＜0.05
NEI-VFQ25 评分（分）	64.3±9.2	72.8±8.6	79.6±7.4	68.74	＜0.05

注：N/A 为因术后早期角膜水肿可能影响测量准确性，为避免干扰，角膜内皮细胞相关指标未在术后 1 周进行评估。OSDI 为国际标准眼表疾病指数，NEI-VFQ25 为美国国家眼科研究所视觉功能问卷评分

表 3　相关性分析

自变量	因变量	r 值	P 值
ICD（术后 1 周）	FVA-*AUC*（术后 1 个月）	0.68	＜0.05
LVD（术后 1 个月）	OSDI（术后 1 个月）	0.58	＜0.05
BFV（术后 1 周）	FVA 波动指数（术后 1 个月）	−0.49	＜0.05
BCVA（术后 1 周）	FVA-*AUC*（术后 1 个月）	0.12	＞0.05
CDE（术中）	ICD（术后 1 周）	0.51	＜0.05
FVA-*AUC*（术后 1 个月）	NEI-VFQ25（术后 1 个月）	−0.62	＜0.05

注：ICD 为炎性细胞密度，LVD 为角膜缘血管密度，BFV 为血流速度，BCVA 为最佳矫正视力，CDE 为累积耗散能力，FVA-*AUC* 为 FVA 曲线下面积，OSDI 为国际标准眼表疾病指数，NEI-VFQ25 为美国国家眼科研究所视觉功能问卷评分，FVA 为功能性视锐度

表 4　联合模型预测术后 1 个月视觉质量恢复的 ROC 分析

预测模型	*AUC*（95%*CI*）	截断值	敏感度（%）	特异度（%）	阳性预测值（%）	阴性预测值（%）
多指标联合模型	0.92（0.87 ～ 0.97）	ICD ＞ 52 cells/mm²、FVA-*AUC* ＞ 19.5logMAR • s	88.5	89.2	86.7	90.5
术后 1 周 ICD	0.82（0.75 ～ 0.89）	＞ 58 cells/mm²	76.9	81.4	78.2	80.1
术后 1 周 FVA-*AUC*	0.85（0.78 ～ 0.92）	＞ 22.0 logMAR • s	80.3	83.6	81.5	82.4
术后 1 周 BCVA	0.71（0.62 ～ 0.80）	＞ 0.15 logMAR	65.2	73.8	68.9	70.3
术前 LOCS III 分级	0.64（0.54 ～ 0.74）	核性≥NO4	58.7	66.2	61.0	63.9

注：ICD 为炎性细胞密度，FVA-*AUC* 为 FVA 曲线下面积，BCVA 为最佳矫正视力，FVA 为功能性视锐度，LOCS III 分级为晶状体混浊分类系统

尤为重要的是，术后 1 周 ICD 与术后 1 月 FVA-AUC 呈强正相关，提示炎症反应与远期视觉功能波动密切相关。术后 1 周 ICD 的显著升高可能与超声乳化手术所引起的角膜基质炎症级联反应有关。高 ICD 状态反映了局部炎症活跃，可能通过影响角膜透明度增加光学像差，进而干扰视觉信号的稳定性。同时，BFV 的下降与 FVA 波动指数呈负相关，提示微循环灌注不足可能影响角膜神经功能与泪膜稳定性，进一步导致视觉质量波动。这些机制共同作用，可能是术后早期视觉不适和功能恢复延迟的重要原因。本研究结果与 Mönestam 等[7]的发现一致，即部分 BCVA 达标患者仍存在持续视功能障碍，FVA 波动指数是更敏感的预测指标；同时也支持王彦等[8]关于动态评估应作为术后监测新标准的倡议。ICD 与 CDE 的呈正相关进一步验证了徐玉莲等[9]提出的超声能量-角膜损伤-炎症反应理论，为本研究的机制解释提供了外部证据。本研究构建的 ICD 与 FVA-*AUC* 联合预测模型显著优于传统 BCVA 或 LOCS III 分级模型，具备较高的早期预警价值。未来可建立根据 ROC 分析确定的截断值临床决策流程，用于识别术后视觉恢复不良的高危患者，并建议对这类患者早期强化抗炎治疗[10-11]。

但研究仍存在若干局限性：（1）随访时间较短，未能观察术后 3 个月以上微循环与视觉质量的长期变化；（2）激光共聚焦显微镜临床推广少，未来可探索 OCT 血管成像等替代方案[12]；（3）所有手术均由同一资深医生完成，结果在不同技术水平的术者中的普适性尚待进一步验证。

综上所述，FVA 动态评估联合眼表微循环成像技术，能通过捕捉术后早期炎症响应（ICD）与视觉耐力变化（FVA-AUC），为个性化康复路径提供科学依据。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators,Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: an analysis for the Global Burden of Disease Study[J]. Lancet Glob Health,2021,9(2):e130-e143.
[2] 沈文,姚爽.早期护理干预对老年白内障患者术后视力恢复的影响[J].医学信息, 2024, 37(8):151-154.
[3] 陈豪,常平骏,黄锦海.连续性功能性视力在眼科的应用进展[J].中华实验眼科杂志, 2014, 32(5):4.
[4] NADERI K, GORMLEY J, O'BRART D. Cataract surgery and dry eye disease: A review[J]. Eur J Ophthalmol, 2020, 30(5): 840-855.
[5] CHYLACK L T. The lens opacities classification system III[J]. Arch Ophthalmol, 1993, 111(6): 831.
[6] 何守志.超声乳化白内障手术学[M].北京:中国医药科技出版社, 2000:105-110.
[7] MÖNESTAM E, WACHTMEISTER L. Impact of cataract surgery on visual acuity and subjective functional outcomes: A population-based study in Sweden[J]. Eye, 1999, 13(6): 711-719.
[8] 王彦,张立友.基于一般临床资料与视觉质量评估结果构建初期皮质性白内障发病的 Cox 比例风险回归预测模型[J].临床误诊误治, 2023, 36(1):124-128.
[9] 徐玉莲,浦利军,牟朝霞,等.不同手术位置超声乳化术对老年白内障患者眼压,炎症因子水平的影响[J].中国老年学杂志, 2024, 44(3):600-603.
[10] LASAGNI VITAR R M, RAMA P, FERRARI G. The two-faced effects of nerves and neuropeptides in corneal diseases[J]. Prog Retin Eye Res, 2022, 86: 100974.
[11] 刘奕志,程冰.爆破模式的超声乳化白内障吸除术[J].中华眼科杂志, 2004, 40(4):4.
[12] 梁风,张丛青,谷新怡,等.高度近视合并白内障患者超声乳化吸除联合人工晶状体植入术后屈光误差的影响因素分析 [J].中国医药导报, 2024, 21(18):132-134.

收稿日期:2025-09-01
(本文编辑:吴迪汉)

自制复合型骨代谢标志物质控品性能验证及临床应用

韩雯清,应丽娜,李宇宁,吴婷蓉,张濛尹,吴登强,徐冉行

【关键词】 骨代谢标志物;质控品;临床应用
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.11.016
【中图分类号】 R68 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)11-1162-04

骨代谢标志物检测以其高灵敏度和特异性,在骨质疏松症诊疗中展现出独特优势[1]。目前我国骨代谢标志物主要依赖进口冻干质控品,存在一定局限性。《临床化学检验基本技术标准》中允许自制质控品[2],但缺乏统一的标准化流程,导致各实验室制备规范差异显著,且现有研究多局限于单一指标[3],缺乏系统性的多项目复合质控品验证[4]。本研究开发了总Ⅰ型胶原氨基端延长肽(aminoterminal prolongation peptide of type Ⅰ collagen,TPINP)、β-Ⅰ型胶原羧基端肽(β-C-terminal telopeptide of type I collagen,β-CTx)、性激素结合球蛋白(sex hormore-binding globulin,SHBG)、25羟维生素D[25-hydroxyvitamin D,25(OH)D]、骨钙素(osteocalcin,OC)的复合型自制质控品,并进行了系统评价,以为临床提供更全面、更可靠的质量控制方案,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 质控物收集及制备 收集2023年7—9月宁波市第六医院TPINP、β-CTx、SHBG、25(OH)D及OC检测结果正常和异常的患者血清标本,标本要求无溶血、黄疸及脂浊,乙型肝炎表面抗原、丙型肝炎病毒、人类免疫缺陷病毒及梅毒均为阴性。本研究获得宁波市第六医院伦理委员会批准,免除/豁免知情同意。

血清标本65 ℃灭活10 min,1 500 r/min离心10 min,取上清,用过滤膜过滤血清,去除杂质。根据临床决定水平预设各项质控品浓度,按一定比例混合血清,充分混匀。在确保当日各项目室内质控在控前提下,

作者单位: 315040 宁波,宁波市第六医院
通信作者: 徐冉行,Email:511198791@qq.com